



Virtuell laboration av ljusets brytning

Filip Granberg

Augusti 2018

Pro gradu -avhandling

Helsingfors universitet

Institutionen för fysik

Handledare: Ismo Koponen

Tommy Ahlgren



Tiedekunta - Fakultet - Faculty Matematisht-Naturvetenskapliga Fakulteten		Laitos - Institution - Department Institutionen för fysik	
Tekijä - Författare - Author Filip Granberg			
Työn nimi - Arbetets titel - Title Virtuell laboration av ljusets brytning			
Oppiaine - Läroämne - Subject Fysik			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor Pro gradu -avhandling / Ismo Koponen Tommy Ahlgren		Aika - Datum - Month and year Augusti 2018	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 49
<p>Tiivistelmä - Referat - Abstract</p> <p>Avhandlingens mål var att studera en virtuell laboration inom optisk fysik, noggrannare sagt ljusets brytning. I avhandlingen forskades studerandes åsikter, missuppfattningar som uppstod och hur studeranden kunde konkretisera den virtuella laborationens kunskap i verkligheten. Deltagarna i forskningen studerade matematiskt-naturvetenskapliga ämnen, varav en del studerade fysikr första året vid Helsingfors universitet.</p> <p>Forskningen gick ut på att deltagarna utförde den virtuella laborationen "Bending light" (https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light 1.8.2018). Under laborationen svarade deltagarna skriftligt på uppgifter om laborationen. Efter laborationen frågades tre situationsuppgifter genom att utnyttja den virtuella laborationens grafik. Deltagarna intervjuades före och efter de utfört laborationen. Deltagarnas skriftliga svar, muntliga svar och intervjuer användes för analysen.</p> <p>Slutsatsen som drogs i avhandlingen var att den virtuella laborationen fick god feedback av deltagarna. Missuppfattningarna som uppstod hos deltagarna kunde inte endast läggas på den virtuella laborationens axlar. Dock märktes det att den virtuella laborationens uppbyggnad, som liknade brytningsscheman, hade samma problem som då man lär sig ljusets brytning strikt via brytningsscheman. Deltagarnas förmåga att planera en verklig laboration blev bättre hos majoriteten av deltagarna.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords fysikundervisning, virtuell laboration, ljusets brytning			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information			

Innehållsförteckning

1.Introduktion	4
2.Effektiviteten.....	7
2.1.Virtuella laborationers för- och nackdelar	7
2.2.Traditionella laborationers för- och nackdelar	9
2.3.Kombinerade laborationer	9
3.Lärares erfarenheter om användningen av virtuella laborationer	11
4.Virtuella laborationer i läroplanen	12
5.Tidigare forskningar om virtuella laborationer om optisk fysik	15
6.Missuppfattningar inom fysiken och inom optisk fysik	16
7.Framtiden för virtuella laborationer	18
8.Forskningen.....	19
8.1.Etisk forskning.....	21
9.Analysmetod	22
9.1.Forskningsfråga 1 analys.....	22
9.2.Forskningsfråga 2 analys.....	22
9.3.Forskningsfråga 3 analys.....	23
10.Resultat	25
10.1.Studerandes tankar kring virtuella laborationen om optisk fysik	25
10.2.Missuppfattningar som kunde identifieras under den virtuella laborationen om ljusets brytning.....	29
10.3.Tillämpningen av virtuella laborationens kunskap	33
11.Diskussion	37
12.Sammanfattning	39
Källor	40
Bilagor	43

1.Introduktion

Jag har tidigare gjort två skriftliga arbeten om virtuella laborationer, "Virtuella laborationer i fysikundervisningen" (2016) och "Fysiklärares erfarenheter av användningen av simulationer och virtuella laborationer i undervisningen" (2017). Dessa arbeten var gjorda som kandidatarbete respektive slutarbete i pedagogiska biämnesstudierna vid Helsingfors universitet. I arbetena sammanfattade jag forskningar om hur effektiva virtuella laborationer är respektive hur virtuella laborationer passar in i finländska skolor. Med virtuella laborationer menar jag laborationsarbeten man kan göra virtuellt, alltså på en dator eller något dylikt och på så sätt utan fysisk laborationsutrustning. Virtuella laborationer är simulationer av verkliga laborationssituationer eller simulationer av fysikaliska fenomen.

I detta arbete studeras elevers tankar samt erfarenheter om användningen av en virtuell laboration, specifikt brytningen av ljus mellan två medier. Dessutom forskas hur studerandes kunskap förändras efter de utfört en virtuell laboration jämfört med kunskapen de haft före laborationen och om den virtuella laborationen ger upphov till missuppfattningar angående fysiken bakom laborationen. Deltagarna i forskningen är första årets studerande på universitetet och ämnet för virtuella laborationen är brytningen av ljuset mellan olika medier. Målet med studien är att bättre förstå elevens perspektiv då de använder sig av virtuella laborationer. Målet är också att följa med hur elevens kunskap utvecklas av virtuella laborationen och märka om det uppstår några missuppfattningar om ljusets brytning. Dessutom studeras studerandes förmåga att planera en verklig laboration på basen av vad de lärt sig i den virtuella laborationen och att hitta potentiella problem som finns i den virtuella laborationen som inte motsvarar verkligheten. Forskningen utgår till största del på att intervjua elever som utfört en virtuell laboration om brytningen av ljus i olika omständigheter.

Motivet bakom denna forskning ligger i att undervisningen och undervisningsmaterialen datoriseras mer och mer då teknologin framskrider (Utbildningsstyrelsen 2014 & 2015). För utvecklingen av framtida fysikundervisning är det

viktigt att forska i hur teknologin kan användas som ett verktyg i undervisningen. I denna forskning studeras en direkt anknytning av digitala verktyg till fysikundervisningen. Laborationsutrustningen i finska skolor är bra jämfört med andra länder men skillnaden mellan finländska skolor kan vara stor. Speciellt då det sker renovationer i skolor så kan det vara elever som går genom flera års undervisning utan tillgång till fullständig laborationsutrustning, vilket leder till att eleven i värsta fall inte har ens möjlighet att utföra laborationsarbeten. I såna fall kan virtuella laborationer vara enda möjligheten för eleven att bekanta sig med att göra laborationsarbeten. Dessutom kan laborationer som handlar om modern- eller mera abstrakt fysik vara svår eller till och med omöjlig att utföra med traditionella medel.

Virtuella laborationer har redan börjat introduceras till undervisningen i finländska skolor. I e-material för fysikkurser kan man stöta på uppgifter som länkar virtuella laborationer. I mitt tidigare slutarbete i pedagogik intervjuade jag specifikt lärare som använt sig av virtuella laborationer som en del av sin undervisning. Detta är också motivationen bakom att studera den finländska studerandes åsikt om virtuella laborationer då jag redan studerat erfarenheten av finländska fysiklärare. Dessutom har en del hemsidor, där det finns virtuella laborationer tillgängliga, börjat översätta simulationerna till andra språk vilket är ett tecken på att det finns behov av virtuella laborationer globalt.

Under undervisningen för ämneslärare i fysik har det inte alls upplysts om virtuella laborationer, vilket uppmuntrade mig själv att studera närmare inom detta ämnesområde. I lärarundervisningen poängteras nog tyngden av experimentella delen av fysikundervisningen men hur man kan implementera den på olika sätt utöver de traditionella metoderna kommer knappt fram. Med detta arbete och förknippade seminarier hoppas jag att jag kan informera mina studiekollegor om virtuella laborationer.

Tidigare forskningar om virtuella laborationer har gjorts men de flesta inriktar sig på att endera jämföra virtuella laborationer med traditionella laborationer eller jämföra effektiviteten av virtuella laborationer med dess uppbyggnader. Att jämföra virtuella laborationer direkt mot traditionella laborationer kan vara problematiskt då laborationsprocessen är väldigt olika. Därför har de flesta studier som gjort sådana forskningar kommit fram till att dessa två olika laborationer kompletterar varandra. Meningen är inte att överge traditionella laborationer utan att genom forskningen kunna

utnyttja alla givna verktyg för att utveckla undervisningen. Studerandes åsikter om virtuella laborationer har inte forskats lika mycket eller alls. I denna forskning studeras endast en del av optisk fysikundervisning men en fortsättning av forskningen på en bredare skala skulle vara lätt att utföra på basen av detta arbete.

2.Effektiviteten

Effektiviteten på virtuella laborationer i undervisningssyfte har studerats tidigare, men det har också märkts vissa problem som virtuella laborationer för med sig. I detta kapitel behandlas inte hur laborationers effektivitet överlag är, då detta fenomen är accepterat av de flesta pedagoger. Utan i detta kapitel behandlas vilka för- och nackdelar virtuella- och traditionella laborationer har jämfört med varandra. Det är ändå bra att tillägga att då resultaten, som fås ur de olika laborationsmetoderna, jämförs så kan man inte dra slutsatsen att ena skulle vara effektivare än den andra. (Docktor 2014) Dessutom behandlas det hur en kombination av båda laborationstyperna kan utnyttjas för en mera omfattande helhet i undervisningstillfällena.

2.1.Virtuella laborationers för- och nackdelar

Tanken om virtuella laborationer i undervisningen var oundviklig, då det skedde en digitalisering av skolverksamheten. I detta delkapitel behandlas för- och nackdelarna som virtuella laborationer har jämfört med traditionella laborationer. Det finns ett antal forskningar som har fått forskningsresultat som visar att virtuella laborationer skulle vara snäppet bättre än traditionella laborationer. (C. O'Sullivan 2004, R. LeMaster 2005, K. Chang 2008) I dessa forskningar har man satt virtuella laborationer och traditionella laborationer mot varandra och med hjälp av ett slutprov dragit slutsatsen vilken metod som är effektivare. Dessa forskningar har dock gjorts inom ämnesområden i fysiken som lätt kan utföras som virtuella laborationer t.ex. ellära. Det skulle vara dumt att gå ut med att virtuella laborationer på basen av dessa skulle vara bättre än traditionella och därför går det i detta kapitel igenom för- och nackdelar av virtuella laborationerna. Med den kunskapen kan man istället planera ut vilken versions laboration passar i den egna undervisningssituationen.

Virtuella laborationer är programmerade att visa fysikens lagar exakt som de står i fysikens lagar. Detta ger dock upphov till både för- och nackdelar. Eftersom fysikens lagar följs strängt i simulationen så kan inga missuppfattningar uppstå p.g.a. felkalibrerade mätinstrument eller felaktig utrustning. Detta gör också att resultaten man får ut ur laborationen är direkt korrelerad till teorin bakom fenomenet i frågan. Dessa simplifierade

förhållanden kan ge eleven ett lättare sätt att förstå verkligheten och försnabba inläringen. (Jaakkola 2012)

Helt exakta resultat och "felbar" mätutrustning lär inte eleven ändå hur laborationstillfällen sker i verkligheten. Den virtuella laborationen är som en förskönad bild av laborationstillfället där resultaten är exakta och inget direkt kritiskt tänkande behövs av eleven då de utför laborationen. (Karlsson 2012 & 2013)

Eftersom virtuella laborationer är förenklade miljöer så framhävs teorin bakom det fysikaliska fenomenet starkare. (Jaakkola 2012) Så om undervisningssituationen kräver en laboration där man vill framhäva teorin starkt kan det vara fördelaktigt att använda sig av en datorsimulerad laboration. Dessutom visas det att ideala laborationsförhållanden kan förvränga hur eleverna tror att verkligheten fungerar, t.ex. att alla batterier har samma spänning och annars är enbart en spänningskälla utan motstånd. (Jaakkola 2012)

Tidsanvändningen som krävs för att göra virtuella laborationer är oftast mindre än vad som krävs för att utföra en traditionell laboration. Detta har både för- och nackdelar. (Jaakkola 2012) Fördelarna för att ha snabba laborationer är förstås att en mindre andel av lektionstiden går åt då man använder sig av dem. Laborationer är överlag väldigt tidskrävande och många lärare väljer att istället visa demonstrationer av laborationer eller videon. I Jaakkolas (2012) forskning skrivs det att nackdelen med att göra snabba laborationer är att man inte tänker igenom ordentligt vad man håller på med. Detta betyder att då eleven lätt och utan större konsekvenser kan ändra på mätvärden leder det till att eleverna inte lär sig lika bra som då de noggrant planerar och tänker då de gör långsammare laborationer.

I Jaakkolas (2012) forskning drogs slutsatsen att elever med svagare teoretiska kunskaper om det ämne som studerades i laborationen inte fick lika mycket ut av virtuella laborationer jämfört med elever med stark teoretisk kunskap. Detta beror på den virtuella laborationens uppbyggnad baserar sig strängt på fysikens lagar.

En klar fördel med virtuella laborationer är att det inte krävs någon dyr laborationsutrustning för att utföra laborationerna utan endast en dator. Detta kan vara en avgörande faktor för lärare som arbetar i skolor med bristfällig laborationsutrustning men som ändå vill utföra laborationer i sin undervisning.

2.2.Traditionella laborationers för- och nackdelar

Traditionella laborationer har alltid använts inom den moderna fysikundervisningen och det finns otaliga forskningar som visar att dessa laborationer är en viktig del i att lära sig fysikens fenomen. Detta delkapitel handlar om traditionella laborationers fördelar och nackdelar jämfört med virtuella laborationer. För- och nackdelarna som tas upp är i kontrast till för- och nackdelarna för virtuella laborationer som togs upp i förra delkapitlet.

Då man utför laborationer i verkligheten så bekantar sig eleven med riktig laborationsutrustning och verkliga situationer. Detta gör att eleven direkt är i kontakt med hur de teoretiska formlerna kan uppfattas i vardagen och verkligheten. Detta gör att eleven inte i alla fall kan få uppfattningar som strider mot individens uppfattade verklighet. Då virtuella laborationer används kan man ibland observera situationer som är omöjliga att uppstå i verkligheten. (Karlsson 2012 & 2013)

För elever som är oerfarna att utföra laborationer och experiment kan ändå traditionella laborationer med dess mätfel och felkällor vara svårt att få en klar bild av vad som studeras i laborationen. Om man ännu sätter en tidspress på att utföra laborationen, som det oftast sätts under lektionsförhållanden, så kan det vara att laborationen inte kan utföras till slut och eleven inte får ut några som helst resultat ur laborationen. Enligt Jaakkola (2012) så slösar eleverna ibland tid på onödigheter då de utför laborationer, t.ex. funderar hur elledningens färg påverkar strömkretsen. Tid går också åt till mätfel och annan felanalys.

Dock kan tidskraven som traditionella laborationer har ha en positiv inverkan på elevens laborationsupplevelse då det krävs en större planering- och utföringsnoggrannhet, vilket leder till att eleven på riktigt tar åt sig av kunskapen som lärs i laborationen. På detta sätt är också traditionella laborationer oftast bättre för elever med mindre teoretisk kunskap inom det studerade ämnesområdet. Eftersom eleven själv hinner fundera en längre tid då de utför laborationen så har de också en längre tid att lära sig och förstå teorin bakom laborationen. (Jaakkola 2012)

2.3.Kombinerade laborationer

Som förklarat tidigare i detta kapitel så har virtuella- respektive traditionella laborationer olika styrkor och svagheter, vilket leder till att de kan användas i olika situationer. Man

behöver inte ändå lägga dessa två metoder strängt mot varandra då det gäller att välja vilken laboration man skall använda i sin undervisning. Man kan också använda sig av båda på ett sätt att de olika laborationsmetoderna kompletterar varandra och man kan ta nytta av båda metodernas styrkor. Både Jaakkola (2012) och Docktor (2014) kom fram till att en kombination av de två laborationstyperna kan ge det bästa resultatet.

Vad är då det bästa sättet att kombinera virtuella laborationer? Det finns två metoder hur man kan kombinera laborationerna. Den första metoden är simpelt att bara göra dem efter varandra. Enligt Jaakkola (2012) är fördelen med denna metod att det som eleven missar i den ena laborationen plockar eleven upp i den andra. I dessa fall är det oftast vettigare att införa den traditionella laborationen först och sedan använda sig av den virtuella, då den virtuella laborationen kräver en högre teoretisk kunskap. Att göra två laborationer i sekvenser kräver förstås mera tid vilket i vanliga undervisningstillfällen kan vara lite problematiskt.

Den andra metoden är att utföra båda laborationstyperna samtidigt, t.ex. planera en fungerande strömkrets virtuellt och sedan bygga upp den i verkligheten. På detta sätt får man också ner på hur mycket tid det går åt till laborationen. Enligt Jaakkola så är det positiva med denna metod att eleverna alltid har den mera familjära laborationsmetoden tillgänglig. Vilket också ger upphov till att eleven själv bättre kan bestämma sitt utföringssätt till en större grad.

3. Lärares erfarenheter om användningen av virtuella laborationer

I ett av mina tidigare arbeten "Fysiklärares erfarenheter av användningen av simulationer och virtuella laborationer i undervisningen" (2017) intervjuade jag gymnasielärare i fysik som har använt sig av virtuella laborationer i deras egna undervisning. Lärarna tyckte överlag att virtuella laborationer som verktyg kan vara väldigt användbara bara man överväger i vilka situationer man använder dem.

Det kom fram att fysiklärarna oftast använde sig av virtuella laborationer då det inte fanns tillgängligt att använda sig av traditionella laborationer. Som exempel gav de laborationer inom modern fysik. Också laborationer där fenomenet är svårt att observera med ögonen kan det vara fördelaktiga att göra laborationen som virtuella laboration enligt dessa lärare. Ingen av lärarna hade använt sig av virtuella laborationer om optisk fysik, vilket studeras specifikt i denna forskning.

Då de intervjuade lärarna undervisade i gymnasier så hade de också en förväntning av att dylika simulationer och eller interaktiva datorprogram kan dyka upp i de elektroniska studentexamensproven i fysik. Detta var åtminstone en delorsak varför de använder virtuella laborationer i sin egna undervisning. Därför trodde också lärarna att de kommer använda sig mera av virtuella laborationer i sin undervisning i framtiden.

Lärarnas åsikter om tillgängligheten var tudelade, de tyckte att det borde finnas flera alternativ då det gäller utbudet på virtuella laborationer. Lärarna var nog övertygade om att då undervisningen hela tiden går mot mer elektronisk kommer det också finnas mera tillgängligt med virtuella laborationer. Enligt lärarna ger detta också upphov till att eleverna kan göra laborationerna hemma vilket ger möjligheten att inte använda endast lektionstid för att utföra laborationer.

Då lärarna berättade om virtuella laborationers för- och nackdelar så följde svaren enligt teorin som ligger bakom användningen av virtuella laborationer. Lärarna hade dock inte använt sig av virtuella laborationer i kombination med traditionella laborationer.

4. Virtuella laborationer i läroplanen

Före man börjar använda undervisningsmetoder lönar det sig att analysera metoden genom utbildningsstyrelsens läroplaner för att jämföra om metoden kan användas för att nå läroplanernas mål. Läroplanen kan dock inte direkt förutspå hur undervisningen skall utföras men det kan dras riktlinjer då det gäller uppbyggnaden av undervisningen. I grunderna för gymnasiets läroplan 2015 (Utbildningsstyrelsen 2015) uttrycks att digitala verktyg bör användas i undervisningen för att utveckla elevens färdigheter.

I allmänna delen av gymnasiets läroplan tas det ställning till hur elever ska uppmuntras att använda sig av digitaliseringen. En viss vikt ställs på att eleverna skall lära sig att använda digitala verktyg för att utveckla sin egna kunskapsbas. Detta kan bero på att det i dagens samhälle används digitala metoder och denna utveckling kommer knappast förändras under kommande år.

"De studerande ska handledas att använda digitala studiemiljöer, studiematerial och verktyg för att söka och utvärdera information i olika former och för att producera och dela ny kunskap." (Grunderna för gymnasiets läroplan 2015)

Också i delen som är specificerad för fysik kan användas som ett godkännande för mångsidiga undervisningsverktyg. Att använda sig av virtuella laborationer kan ses som att använda sig av digitala verktyg för att hitta ny kunskap. Det har redan visats att virtuella laborationer kan hjälpa eleven att förstå sig bättre på fysikaliska fenomen. I så fall är en simulation av en laboration eller på ett naturfenomen ett verktyg för att analysera kunskap.

"De studerande bearbetar sina tidigare erfarenheter, nya observationer och synvinklar i växelverkan med lärarna till en logiskt sammanhängande helhet som närmar sig en sådan uppfattning av den omgivande verkligheten som står i samklang med fysikaliska teorier. I undervisningen ska de studerande lära sig att

tänka på ett naturvetenskapligt sätt, söka och använda information, komma med egna idéer, bedöma informationens tillförlitlighet och betydelse samt att växelverka. *Informations- och kommunikationsteknik används bland annat som verktyg för att skapa modeller, göra undersökningar och producera arbeten.*" (Grunderna för gymnasiets läroplan 2015)

Vi märker hur utbildningsstyrelsen strängt påpekar att eleverna skall lära sig använda digitala verktyg utöver de traditionella medlen. Jag tolkar utifrån läroplanerna att virtuella laborationer möjligen passar bättre in för gymnasieundervisning jämfört med i den grundläggande undervisningen.

I högstadieundervisningen så kanske det inte är helt lika motiverat att visa upp naturfenomen som simulationer, då fenomen som studeras oftast kan visas upp på ett mera naturligt sätt. I grunderna för läroplanen för grundläggande utbildningen (Utbildningsstyrelsen 2014) under fysikdelen betonas användningen av ändamålsenliga metoder i undervisningen.

"I de olika undersökningarna betonas forskningsprocessens olika faser på ett ändamålsenligt sätt, såsom att begrunda ett problem eller fenomen, planera, genomföra ett experiment, observera och mäta, sammanställa och behandla resultat samt utvärdera och presentera resultaten. Eleverna övar sig att använda informations- och kommunikationsteknik i olika skeden av undersökningarna." (Grunderna för läroplanen för den grundläggande utbildningen 2014)

Användningen av mångsidiga arbetssätt är dock uppmuntrat, vilket betyder att användningen av virtuella laborationer vid sidan om vanliga undervisningsmetoder kanske är ett mera användbart sätt i högstadieundervisningen.

"Mångsidiga arbetssätt och lärmiljöer bidrar till att uppnå målen i fysik ..." i lärmiljöerna används informations- och kommunikationsteknik på ett naturligt sätt." (Grunderna för läroplanen för den grundläggande utbildningen 2014)

Som det har betonats under lärarutbildningen här på Helsingfors universitet så är lärarens och lärarkollegiets omdöme väldigt betydande för hur undervisningen ser ut i de finländska klassrummen. Detta är förstås en väldigt bra sak då alla klasser består av olika individer som lär sig på olika sätt. Så tillgång till flera läroverktyg är alltid en positiv sak. Även denna gång blev slutsatsen att lärarens omdöme är en stor del av hur inläringen sker som bäst. Så slutsatsen blir att läroplanen inte direkt kan användas mot eller för användningen av virtuella laborationer.

5. Tidigare forskningar om virtuella laborationer om optisk fysik

Effektiviteten på just simulationen som också används i denna forskning (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light> 1.8.2018) har studerats kvantitativt i tidigare studier. Kroothkaew (2013) utförde en forskning på tionde klassister där just denna exakta virtuella laboration användes. Öppna uppgiftsfrågor användes med eleverna i Kroothkaews forskning. Forskningen gick ut på att jämföra elevens kunskap om ljusets brytning före och efter laborationen. I Kroothkaews forskning drogs slutsatsen att denna virtuella laboration gav eleverna en väldigt bra undervisningsmiljö att studera ljusets brytning. Dessutom kom det fram i studien att elevernas vetenskapliga kunskap om ljusets brytning förbättrades märkvärt under laborationens gång.

I Bryan och Sloughs (2009) forskning studerades hur uppbyggnaden på virtuella laborationer om linser påverkar elevens laborationsupplevelse. I forskningen satts olika simulationer på ljusets brytning genom en konvex lins mot varandra för att studera hur de skiljer sig från varandra. Bryan och Sloughs kom fram till att uppbyggnaden tekniskt och grafiskt inte påverkade laborationens effektivitet hemskt mycket. Dock gjordes slutsatsen att virtuella laborationer som är uppbyggda som steg-för-steg (step-by-step) laborationer är mindre effektiva att använda än öppnare uppställningar för laborationen.

6. Missuppfattningar inom fysiken och inom optisk fysik

Missuppfattningar kan ha en väldigt stor influens på inläringen av fysik. I Gilberts (1982) artikel beskrivs de vanligaste orsakerna som ger upphov till missuppfattningar, dessutom behandlas vilka konsekvenser missuppfattningar kan leda till. I artikeln skriver Gilbert om "alternativa uppfattningar" istället för missuppfattningar, men i detta arbete används missuppfattningar som term då jag tycker att ordet är mera beskrivande. Gilbert skriver att elever lätt kan lära sig missvisade fakta som kan vara väldigt svåra att rätta till. Dessa missvisningar kan uppstå från vad Gilbert kallar "tidigare förståelse", vilket det finns fem olika typer av. Några exempel av tidigare förståelse som bidrar till missuppfattningar är vardagligt språk, egna erfarenheter och "osynliga" krafter. Artikeln beskriver att eleverna kan ha missvisningar oberoende på undervisningens kvalitet, då missuppfattningen är för starkt bunden till den individuella eleven.

Docktor och Mestre (2014) behandlade i sin meta-forskning missuppfattningar inom fysiken och poängterade hur svårt det kan vara att bli av med dem då de engång uppstått. Några metoder finns det ändå som är effektiva. Några effektiva sätt att eliminera missuppfattningar är att gå genom exempel, att jämföra egna svar mot exempel och att reflektera över sin egna tankegång.

De vanligaste missuppfattningarna som uppstår för elever då de studerar ljusets brytning har också studerats om i tidigare forskningar. I Kaewkwhongs (2010) forskning studerades missuppfattningar som sker då ljuset bryts mellan två medier. I Kaewkwhongs forskning studerade eleverna modeller av ljusets brytning mellan luft och vatten. Den första missuppfattningen uppstod redan då det var frågan om hur ljusets observerats av ögat, alltså om ljuset kommer utifrån in i ögat eller ut från ögat och mot objektet som studerades. (Kaewkwhong 2010) Andra missuppfattningar enligt Kaewkwhong (2010) var hur brytningen sker mellan ämnena och vad positionen på objektet som studeras i vatten är. Själva brytningen som fenomen är överraskande svårt som fenomen fastän det verkar matematiskt och teoretiskt simpelt. Positionen som observeras på ett objekt som ligger i vatten är också svårt för eleven att förklara.

Motsvarande missuppfattningar om ljusets brytning kom upp i Aydins (2012) forskning, fastän denna forskning gick djupare in på vad som ger upphov till missuppfattningarna. Aydins forskning studerade missuppfattningarna som finns hos studeranden som studerar till fysiklärare. I forskningen kom det fram att det finns missuppfattningar om observationen på objektets position och på hur observationen sker i ögat. (Aydin 2012)

Att kunna sammanfatta mellan teorin och verkligheten för ljuset som fenomen kan vara svårt då man oftast studerar teorin via ljusdiagram. I Goldbergs (1987) forskning drogs slutsatsen att även om studerandes teoretiska kunskapsnivå inom optisk fysik är väldigt hög kan studeranden ha väldigt svårt att förutspå vad som skulle hända i verkliga situationer med ljus, linser och speglar. Fastän man inte tänker på ljusfenomen som svåra fysikaliska situationer så finns det en hel del som ändå kan vara svårt att förknippa med verkligheten. På detta sätt är det också svårt att förstå principerna bakom teknologi och tillämpningar där ljusets brytning sker.

Goldberg (1987) tar upp problematiken som finns då ljusets brytning lärs genom uppritade brytningsdiagram. Då det används brytningsdiagram för att lära sig brytningsfenomen så sker det lätt missuppfattningar om ljusets observation och tillämpningar av ljusets brytning.

7.Framtiden för virtuella laborationer

Då utvecklingen och användningen av e-material ökar från år till år digitaliseras största delen av undervisningen steg för steg. Digitaliserade uppgifter och videon i undervisningsmaterialet är redan vardag. Jag har personligen redan stött på virtuella laborationer och simulationer i e-böckerna. Det är alltså en naturlig process att virtuella laborationers tillgänglighet kommer öka.

Vi är just nu i övergången mellan pappers- och digitala studentexamensprov i fysiken. Det är omöjligt att exakt kunna förutspå hur studentexamen i fysik ändras under denna transformation men det har utgetts exempel på hur de nya studentexamens uppgifterna kan se ut. Det nämndes att de nya uppgifterna i studentproven i fysik, matematik och biologi kan innehålla interaktiva simulationer, vilket ju enligt min definition är en virtuell laboration. Om studentexamensproven tar i bruk virtuella laborationer så har jag en stark känsla av att också utvecklingen av virtuella laborationer för finländska skolor kommer påbörjas.

8.Forskningen

Forskningen går ut på att två grupper utför en virtuell laboration. Den ena gruppen är studeranden som går grundkurserna i fysik på Helsingfors universitet (N=6). Dessa studeranden är oftast första årets universitetsstuderande med fysik som huvudämne. Eftersom dessa studeranden är vana att göra laborationer kan också dessa studeranden ge insikt på hur virtuella laborationer är jämfört med traditionella. Den andra gruppen är studeranden vid Helsingfors universitet som studerar andra matematisk-naturvetenskapliga ämnen, men som inte studerat fysik (N=6). Denna grupp skall representera studeranden som inte är lika bekanta med optisk fysik medan gruppen med fysikstuderanden representerar studeranden vars teoribakgrund för optisk fysik är starkare. Alla studeranden har svenska som studiespråk, vilket inte borde påverka resultaten på något sätt. Totala studeranden som deltagit i forskningen är alltså tolv.

Studerandena som tillhörde den första gruppen rekryterades med i forskningen ur mängden studeranden som går första årets svenskspråkiga grundkurser i fysik på Helsingfors universitet. Den andra gruppen rekryterades ur svenskspråkiga studeranden vid campus Gumtåkt. Största delen av andra gruppens studerande hade matematik som huvudämne, detta borde dock inte påverka resultaten eller analysen märkvärdigt.

I denna studie ställs 3 forskningsfrågor:

1. Hurudan är studerandes uppfattning och upplevelse av användningen av virtuella laborationer om ljusets brytning?
2. Uppstår det någon klar missuppfattning i användningen av virtuella laborationen om ljusets brytning?
3. Hur tillämpar studeranden kunskapen ur virtuella laborationen till att planera en verklig laboration där man studerar ljusets brytning?

Forskningen bestod av fyra skeden. I första skedet bekantade sig studeranden med en kort teoritext om ljusets brytning mellan två medium (Bilaga I). I denna text kom det kort fram vad som sker då ljuset bryts mellan två medier och hur brytningsindexet beräknas,

sådan kunskap som behövs för att utföra laborationen och för att besvara uppgifterna som hörde till laborationen.

Andra skedet bestod av en kort intervju för att få reda på studerandes kunskap om ljusets brytning efter de läst teoridelen. Detta skede är inte direkt nödvändigt för forskningens resultat men skedet gör det lättare för analysdelen att förstå och hålla reda på hur studerandens kunskap ändrades under laborationen. Ett exempel på denna intervjudel kan läsas i bilagorna (Bilaga V). Intervjusvaren spelades in.

Tredje skedet var själva virtuella laborationen, alltså studerande utförde den virtuella laborationen. Den virtuella laborationen om ljusets brytning kan man finna på phet.colorado.edu, under namnet "Bending light" (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light> 1.8.2018). Virtuella laborationen bestod av två delar. Första delen bestod av vanliga laborationsfrågor som studeranden gav skriftliga svar på, uppgifterna finns som bilaga (Bilaga II). Andra delen innehöll att studeranden skulle förutspå svårare situationer (Bilaga III), där också mera specifika missuppfattningar om ljusets brytning kan uppstå. Den andra delen utfördes muntligt och svaren spelades in.

I den virtuella laborationen kunde studeranden manipulera en laserlampa som lyser i en rak linje från ett medium till ett annat. Studeranden kunde också använda en vinkelskiva för att mäta infalls- och brytningsvinkeln. Den virtuella laborationens uppgifter skrevs på ett sätt för att försöka testa om det finns missuppfattningar om ljus hos de studerande och visa upp fenomenen som behövs för tillämpningar av ljusets brytning. Exempel på dessa fenomen är t.ex. hur ljuset beter sig i linser och i optiska kablar.

Fjärde skedet var en utförligare intervju där studerandes laborationsuppfattning undersöktes. Hur kunskapen om ljusets brytning förändrades var också en av denna intervjus poäng. I slutet av intervjun frågades det också hur studeranden skulle utföra en laboration av ljusets brytning i verkligheten och hur denna skulle skilja sig från den virtuella laborationen. Ett exempel på denna intervjudel kan läsas i bilagorna (Bilaga VI). Även dessa intervjusvar spelades in.

Intervjuerna försöktes hållas så öppna som möjligt så att studerandena skulle känna sig bekväma. Intervjuernas stam var på förhand bestämd men under intervjuernas gång kunde den enskilda intervjun avvika sig från stammen för att få en mera flytande dialog.

Valet av den virtuella laborationen grundades på att man i forskningen vill ha ett ämnesområde som kan vara lätt att simulera på en dator, men svårare att göra i verkligheten. Så helt enligt situationen som man teoretiskt skulle välja att använda sig av en virtuell laboration i vanliga undervisningsförhållanden. Så på basen av det valdes ljusets brytning som detta ämnesområde. Tillgängligheten på virtuella laborationer som finns för fritt bruk är ändå relativt liten så då jag stötte på phet.colorado.edu och märkte att de hade en fungerande virtuell laboration just om det ämnesområdet så valde jag det. Dessutom kom idén att söka från just den websidan ur andra forskningar som gjorts inom virtuella laborationer där phet.colorado.edu ofta används som källa för virtuella laborationer och denna hemsida har i allmänhet fått bra feedback.

Forskningen är en kvalitativ forskning som kompletterar tidigare kvantitativa forskningar som gjorts om samma simulation.

8.1. Etisk forskning

I denna forskning medverkar studeranden vid Helsingfors universitet. Alla studerande har både gett muntligt och skriftligt lov att medverka i forskningen. Då alla som ställt upp i forskningen är myndiga har de själva kunnat bestämma sin medverkan i forskningen. Alla medverkande har skrivit under en blankett som godkänner medverkandet (Bilaga IV).

Då forskningens medverkandes skriftliga och muntliga svar analyseras är det viktigt att svaren behandlas anonymt och konfidentiellt. De skriftliga svaren sparades under medverkandes kodnamn som bestod av en bokstav som visade vilken grupp medverkanden hörde till och en siffra för att skingra på de enskilda medverkandena. Då intervjuerna transkriberades så användes samma kodnamn från de skriftliga svaren för att kunna skilja ut vilka svar som hörde ihop. Vilket betyder att alla medverkanden är anonyma i analysen. Då avhandlingen blir godkänd raderas alla inspelningar vilket betyder att man med svaren inte mera kan identifiera den medverkande.

9. Analysmetod

I detta kapitel behandlas analysen som gjorts för denna avhandling. Till exempel kommer det fram hur den insamlade informationen har analyserats och vilka kriterier som används i avhandlingen. I kapitlet behandlas överlag hur analysen gjorts och mera specifikt hur analysen gjorts för de skilda forskningsfrågor. Analysen gjordes på alla deltagares svar och intervjuer. Deltagarnas skriftliga svar analyserades som de var skrivna av deltagarna själva medan intervjuerna transkriberades och sedan analyserades.

En del av resultaten analyserades också kvantitativt med att fylla i en tabell av deltagarnas svar, till exempel om vilka missuppfattningar som uppkom. Denna kvantitativa metod användes bara för att få en överhanda bild av resultaten. Men största delen analyserades kvalitativt via utvalda citat från deltagarens skriftliga svar och intervju.

9.1. Forskningsfråga 1 analys

Första forskningsfrågan handlade om deltagarnas åsikt om den virtuella laborationen om ljusets brytning. Det fanns specifikt två frågor i intervjuerna som var menade för att få fram deltagarnas åsikt i frågan. Första frågan som ställdes var om deltagarna tyckte det var sakligt att använda sig av den virtuella laborationen om ljusets brytning och varför de tyckte så. Den andra frågan var att de deltagande skulle nämna en bra och en dålig sak med den virtuella laborationen. Svaren på dessa frågor analyserades kvalitativt och svar som hade goda poäng valdes som citat till avhandlingen. Dessutom analyserades åsikter som kom fram upprepade gånger. Då det inte funnits någon direkt jämförbar teori att jämföra analysen med så har analysen gjorts direkt utifrån deltagarnas åsikter. Dock kan deltagarnas åsikter om virtuella laborationens jämföras indirekt med de framställda styrkorna och svagheter som framförs i Jaakkolas (2012) forskning.

9.2. Forskningsfråga 2 analys

Den andra forskningsfrågan handlade om missuppfattningarna som möjligen uppstår då denna virtuella laboration görs. I första hand forskades de missuppfattningar som oftast

uppstår inom optisk fysik enligt teorin. (Kaewkwong 2010, Aydin 2012) I denna forskning analyserades också missuppfattningar som finns med hur ljuset beter sig i olika tekniska tillämpningar så som ljuskablar och linser.

Analysprocessen gick till så att alla missuppfattningar som studerades listades upp i en tabell och för varje deltagare gjordes en spalt där deltagarens uppfattning värderades. Ur denna tabell kunde närmare analys av deltagarens citat göras. Deltagarens förståelse utvärderades som tre nivåer. De tre nivåerna var:

R (rätt): Att deltagaren hade använt sig av teorin rätt och svarat rätt.

F (fel): Deltagaren hade rätt teori men svarat fel.

M (missuppfattning): Deltagaren hade missuppfattningar inom teorin och på så sätt svarat fel.

Med hjälp av dessa tre uppfattningsnivåer analyserades svaren. Efter detta jämfördes missuppfattningarna med teorin bakom missuppfattningarna. En analys av den virtuella laborationen gjordes också utgående från de missuppfattningar som uppstod. Detta för att möjligtvis hitta bakgrunden till missuppfattningen och hur den virtuella laborationen är uppbyggd för att undvika missuppfattningarna. En närmare analys på möjliga skillnader som uppstod mellan grupperna gjordes också.

9.3.Forskningsfråga 3 analys

Tredje och sista forskningsfrågan handlade om deltagarens utveckling av förmågan att producera en laboration om optisk fysik i verkligheten sker under användningen av virtuella laborationen. Analysen utfördes ur svar från intervjufrågorna om hur deltagande skulle utföra en laboration i verkligheten där man studerar ljusets brytning. Denna fråga ställdes både före och efter den virtuella laborationen. Båda svaren utvärderades och det gjordes en analys hur svaret ändrats under den virtuella laborationen. Svaren utvärderades på laborationens utförbarhetsförmåga, alltså om laborationen som deltagaren gav kunde utföras i verkligheten. Det användes tre utförbarhetsnivåer och utöver det en allmän utvärdering om det skedde en positiv, negativ eller ingen förändring mellan laborationsplanen deltagaren gav före jämfört med laborationsplanen som deltaganden gav efteråt den virtuella laborationen.

De tre utförbarhetsnivåerna bestod av låga, medelmåttiga och goda kunskaper. Kriterierna för dessa var att låga kunskaper betydde att utförbarheten i stort sett var omöjligt för att en sådan laboration inte kunde utföras i verkligheten. Medelmåttiga kunskaper betydde att laborationen kunde utföras med små problem som skulle påverka utförbarheten eller resultaten i laborationen. Goda kunskaper betydde att den givna laborationsplanen kunde utföras med goda resultat.

Den virtuella laborationen som används i denna forskning, "Bending light", var delvis vald till denna forskning av den orsaken att en exakt kopia av denna simulerade laboration inte skulle vara väldigt praktisk att utföra i verkligheten. Då denna forskning behandlar förändringen i utförbarhet så vill det göras klart att det inte sker en negativ förändring i den kunskapen under utförandet av den virtuella laborationen. Det frågas också av deltagarna hur den virtuella laborationen skiljer sig från verkligheten för att få reda på hur lätt det är för deltagarna att märka hur den virtuella laborationen skiljer sig från verkligheten.

I intervjuerna frågades det också om vilka tillämpningar som deltagaren kan nämna där man använder ljusets brytning. Dessutom frågades det efteråt om de hade kommit på flera under att de utförde den virtuella laborationen. Några av uppgifterna var specifikt konstruerade att kopiera hur ljuset bryts i en del tekniska tillämpningar där man använder ljusets brytning som fenomen. Denna tillämpningsanalys gjordes mera för att studera den virtuella laborationens flexibilitet och brister. För denna forskningsfråga gjordes även en närmare analys på möjliga skillnader som uppstod mellan grupperna.

10.Resultat

I detta kapitel framförs resultaten av forskningen. Resultaten framförs forskningsfrågevis, varav en del poäng som tillhör flera än en forskningsfråga tas upp där poängen passar bäst in.

10.1.Studerandes tankar kring virtuella laborationen om optisk fysik

Detta delkapitel behandlar resultaten om studerandens åsikter om den virtuella laborationen samt den virtuella laborationens positiva och negativa detaljer enligt studerandena. I detta delkapitel svaras det på forskningens första forskningsfråga.

1. Hurudan är studerandes uppfattning och upplevelse av användningen av virtuella laborationer om ljusets brytning?

För att få en täckande bild av studerandenas tankar så frågades det allmänt om studerandena tyckte de var sakligt att göra en laboration om ljusets brytning som en virtuell version. Alla deltagare tyckte det var minst lika sakligt att utföra laborationen på dator som att utföra den i verkligheten. Så det kan dras slutsatsen att studerandenas åsikt av att utföra en virtuell laboration om ljusets brytning är positiv.

Här kommer några exempel på svar som studeranden gav då de frågades om deras åsikt om laborationen de utförde var sakligt:

"A1: Vanligtvis tycker jag att det är bättre att göra labb i verkligheten men det här är en labb man helt bra kan göra på datorn. På grund av att det är ganska svårt att göra laserljus så att man kan göra bra beräkningar. Men en sån här labb på datorn gör att den motsvarar ganska bra verkligheten."

"A6: Det kan vara svårt att göra lika exakta mätningar på brytningsvinklar om man på riktigt skulle ha vatten eller på riktigt ha glas i laboratoriet så på det sättet är det säkert vettigare att göra på datorn."

"B3: Det är lättare att göra den på datorn då man har ett färdigt program. Vad

männe skulle vara fördelen med att göra den i verkligheten... Man vet ju inte att det som händer på datorskärmen stämmer men jag litar nog så mycket på den.”

Det var överlag positiva kommentarer kring laborationen som studerandena utförde i denna forskning. Dock kunde det beaktas en liten överraskande ton i studerandens åsikter. De förväntade sig inte att den virtuella laborationen var så bra och en del påpekade att det specifikt fungerar att göra denna laboration som virtuell fastän det enligt dem är sakligare att utföra laborationer i verkligheten. Detta är i samma linje med tidigare kommentarer ur läroplansanalysen att det är extremt viktigt att läraren använder sitt egna omdöme då det gäller att bestämma när det lönar sig att använda sig av en virtuell laboration och när det gäller att använda sig av en traditionell.

Till nästa tas positiva saker studerandena tyckte om i laborationen de utförde upp. Enligt studeranden var laborationen simpel att använda och de tyckte om att resultaten uppmättes direkt. Detta ger upphov till att laborationen går snabbt att utföra. Dessutom tyckte studeranden att laborationens studerade fenomen var extra tydlig på datorn.

”A1: Det som är bra är att man får bra mätvärden och att man ser tydligt vad som händer. Det är ändå ett fenomen som i... Det räcker att se i två dimensioner och det syns i två dimensioner på datorn.”

”A2: En bra sak är att det är jättelätt att ändra saker och det var... Jag tycker den var ganska rolig och fungerade bra.”

”A3: ...nu var det ju definitivt enklare att dra med musen lite och sätta stabilt mätinstrumentet. Det var väldigt trevligt och behändigt sådär på det sättet. Det gjorde ju många saker mycket enklare. Såklart är det en datorsimulation så det är ju inte verkligheten men det gjorde det mycket enklare att se själv saken.”

”B4: ...och man kan ju, fastän det nu bara var en gradskiva, kan man få väldigt exakta resultat. Det ger snabbt en bra bild och det är bra att man kan leka med strålen hur som helst.”

”B5: En bra sak är att den var enkel, väldigt simpel.”

Studerandens åsikter om att den virtuella laborationen är en simplifierad situation av verkligheten är överens med tidigare teorier som lagts fram om virtuella laborationer. Precis som Jaakkola (2012) också framförde om effektiviteten på virtuella laborationer, att de var snabba och enkla, så påpekade studerandena exakt samma sak i deras svar. Det måste dock påpekas att fastän det fanns två grupper i denna forskning så kan slutsatsen dras att studeranden från båda grupperna kan tolkas som elever med högre kunskap inom området den virtuella laborationen handlade om, då alla studeranden studerar matematiskt-naturvetenskapliga ämne på universitetsnivå. Detta skulle betyda att studeranden enligt tidigare studier har en större nytta av att utföra laborationen virtuellt, vilket kan avspeglas på deras åsikter om den virtuella laborationen om ljusets brytning.

En positiv sak som studerandena nämnde var att mätningarna som gjordes var relativt noggranna. Studerandena trodde på att resultaten som de fick ur den virtuella laborationen skulle varit noggrannare än vad de skulle fått om de gjort laborationen i verkligheten. Dock påpekade en del studeranden att de mätfel som uppstod i den virtuella laborationen endast har med observationsförmågan att göra, vilket inte ger en helt realistisk bild av situationen.

”A2: ...och en dålig sak är att man kan inte vara säker att den skulle vara så som den är i verkligheten. Elimineras alla felkällor.”

”B5: ...med datorn är det ju de att man måste, mättningsfelen som uppstår i verkligheten måste vara konstgjorda på datorn. Så istället göra det i riktiga livet för att lära sig hur det är att göra experiment och på datorn ha exakta värden.”

Enligt kritiken som kommit fram i andra studier om virtuella laborationer är just mätfelen ett stort frågetecken. Enligt Karlsson (2012 & 2013) är just ett av de största problemen med att göra virtuella laborationer att de kan förvränga elevens bild av laborationsprocessen. Det är dock ett gott tecken på att en del studeranden själv kunde framföra den kritiken, vilket betyder att studeranden möjligtvis kan eliminera detta problem själva.

Studerandena var övertygade om att laborationen var välprogrammerad, men de påpekade också att för användbarheten av laborationen är en välprogrammerad laboration essentiell. Inte minst för att få att fysikens lagar skall följas utan också att laborationen är användarvänlig.

”A2: ...men det där datorprogrammet skall vara korrekt för att det ska fungera.”

”A3: Såklart är det en datorsimulation så det är ju inte verkligheten men det gjorde det mycket enklare att se själv saken. Jag tror på datorn så mycket ändå.”

”B3: Vad manne skulle vara fördelen med att göra den i verkligheten... Man vet ju inte att det som händer på datorskärmen stämmer men jag litar nog så mycket på den.”

Det största problemet som studerandena hade med programmeringen var över hur själva vinkelmätningen gjordes, alltså genom att använda en gradskiva. Studerandena tyckte att detta var ett ”dåligt” sätt att implementera mätfel som ju uppstår då man endast kan mäta vinklarna med en grads noggrannhet. Utöver det kom det klagomål över uppsättningen för hur laborationen utfördes då de gjorde den virtuella laborationen på en bärbar dator och med en touchpad. Sistnämnda klagomålet var dock inte intressant ur forskningens synvinkel.

Slutsatsen för denna forskning är att studeranden inte har något emot att göra en laboration om ljusets brytning virtuellt. Alla som deltog i forskningen tyckte det var sakligt att utföra laborationen på en dator och kunde se fördelar med att göra det. Inga direkt nya för- eller nackdelar kunde identifieras med hjälp av denna studie, utan de för- och nackdelar som deltagarna nämnde stämde överens med tidigare forskningar. Deltagarna var positivt överraskade över virtuella laborationens användbarhet och i några av deltagarna uppstod ett nytt intresse för användningen av virtuella laborationer.

10.2. Missuppfattningar som kunde identifieras under den virtuella laborationen om ljusets brytning

I detta delkapitel behandlas resultaten på forskningens andra forskningsfråga. Denna forskningsfråga behandlade potentiella missuppfattningar som uppstod eller som fanns då deltagaren utförde den virtuella laborationen om ljusets brytning.

2. Uppstår det någon klar missuppfattning i användningen av virtuella laborationen om ljusets brytning?

Deltagarnas svar bedömdes enligt tre nivåer. Att deltagarna hade helt rätt, att deltagarna hade rätt teori men svarat fel och att deltagarna hade fel teori och på så sätt fått fel svar. I nedanstående tabell syns de studerade missuppfattningarna och bedömningen.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Observationen av ljus	R	R	M	M	M	R
Ljuset i optiska kablar	F	F	F	R	R	F
Ljuset i linser	R	F	R	F	R	R
Beräkning av brytningsindex	R	R	R	R	R	R
Brytningsindex som begrepp	R	R	R	R	R	R
Optisk täthet som en egenskap	R	R	R	R	R	R
Totalreflektion som fenomen	R	R	R	R	R	R

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Observationen av ljus	F	R	R	M	R	R
Ljuset i optiska kablar	M	R	R	F	F	F
Ljuset i linser	R	R	R	R	M	F
Beräkning av brytningsindex	R	F	R	R	R	R
Brytningsindex som begrepp	R	M	R	R	M	R
Optisk täthet som en egenskap	R	R	R	R	R	R
Totalreflektion som fenomen	R	R	R	R	R	R

Från tabellen syns att grupperna var väldigt lika då man jämför antalet missuppfattningar och fel. Totalt hittades 7 missuppfattningar (17%) och 11 fel (26%). De gruppmissuppfattningarna var små men det kunde märkas att fysikstuderandena hade större problem med förutspåelseuppgifterna medan den andra gruppens fel var mera jämt fördelade mellan alla frågorna.

En av frågorna som alla studeranden svarade rätt på var där det frågades om totalreflektion som fenomen. Detta gjordes via en av uppgifterna där studerandena skulle beskriva vad som händer i den virtuella laborationen då ljuset bryts mellan två medier och man ändrar på infallsvinkeln. Alla deltagare kunde identifiera då det skedde totalreflektion

endera genom att direkt nämna totalreflektion eller beskriva att allt ljus reflekteras i fallen då det skedde totalreflektion.

Också då det handlade om optisk täthet som en egenskap hos medier så hittades inga fel eller missuppfattningar. Det måste påpekas att denna virtuella laboration inte direkt var inriktad för att studera det delområdet. Det kan också vara för att studerandenas teoretiska förkunskapsnivå var relativt hög inom delområdet då deltagarna var universitetsstuderanden, vilket gjorde att optisk täthet som egenskap var välkänt.

Brytningsindex som beräkning och som fenomen var relativt klart för studerandena då det bara skedde ett fel och två missuppfattningar inom dessa två områden. Studerandena svarade på frågor där de skulle beskriva vad som brytningsindexet som fenomen var genom att använda den virtuella laborationen och sedan beräkna ut brytningsindex i fyra olika medier i den virtuella laborationen. Två av ämnena hade kända brytningsindex, vatten och glas, så att studerandena lätt kunde se om de fått rätt svar medan två var obekanta och studerandena inte kunde jämföra sitt svar med det teoretiska värdet. Felet som var i beräkningsdelen kan ses som ett slarvfel, då studeranden som gjort felet bara blandat ihop infalls- och brytningsvinkeln i beräkningen.

Då det handlade om brytningsindex som fenomen uppstod alla missuppfattningar från att det i den virtuella laborationen såg ut som att brytningen skedde på ett visst sätt som inte direkt är enligt teorin.

”B2: Ju mera man ökar på infallsvinkeln desto mera kommer ljuset att brytas i andra mediet. I laboratoriet verkar denna förändring ske exponentiellt.”

”B5: Det ser ut som om infallsvinkeln + brytningsvinkeln = 90 grader, alltid. När strålens vinkel ändras, ändrar naturligtvis vinklarna i enlighet med ovannämnda regler.”

Den ena studeranden hade fått för sig att infalls- och brytningsvinkelns summa alltid är 90 grader. Denna observation stämmer inte överens med teorin fastän det med ögonmått kan se ut som det då man studerar brytningen i vatten. Felen och missuppfattningarna som hade

att göra med brytningsindexet var observationsfel som lika lätt kunnat uppstå under traditionella laborationer. Dessa fel kan inte anses vara direkt korrelerade till den virtuella laborationens uppbyggnad.

Då det handlade om de tre förutspåelse-uppgifterna så skedde det mera missuppfattningar och fel. Förutspåelse-uppgifterna handlade om ljusets observation och hur ljusets brytning används i två tillämpningar, optiska kablar och linser. Dock stämmer detta överens med Goldbergs (1987) slutsats om att just inom dessa områden har eleverna oftast svårast. Majoriteten av missuppfattningarna och felen uppstod inom dessa 3 delområden, allt som allt 13 fel och missuppfattningar (72% av alla fel och missuppfattningar).

Den frågan som hade mest missuppfattningar var den som handlade om ljusets observation. Då det frågades studerandena var ett objekt skulle se ut att vara om objektet befann sig i vatten och observeraren ovanför vattenytan, med hjälp av den virtuella laborationens grafiska modell, fick majoriteten av fysikstuderanden svaret fel. De svarade alla möjliga svar som t.ex. att objektet skulle se ut att vara djupare ner. Rätta svaret är att objektet ser ut att var på en rak linje från observeraren fastän objektet är lägre ner i en verklig situation.

”A4: Det skulle synas att det är djupare ner.”

Precis som i Kaewkwhong (2010) artikel så märks det att då man studerar observationen av objekt med hjälp av brytningsscheman eller i detta fall en virtuell laboration som syns som ett brytningsschema så har studerandena svårt att förstå observationen av ljuset.

Ur mängden missuppfattningar inom just observationen så kan vi märka att denna virtuella laboration om ljusets brytning inte tar upp problematiken med observationen av ljus. Fastän det var ett exempel på observationen av ett föremål i texten studeranden läste före utförandet av laborationen kunde de inte tillämpa den kunskapen i den virtuella laborationen. Denna virtuella laboration är bristfällig då det handlar om ljusets observation och stöter på samma problem som då man använder sig av uppritade brytningsscheman.

I situationen där ljuset böjs i en halvcirkel, alltså i princip grunden till funktionen av ljuskablar, hade studeranden svårt att förutspå att vinkeln i halvcirkeln var tillräckligt stor för totalreflektion. Alla som hade fel trodde att ljuset skulle brytas genom halvcirkelns yta enligt brytningslagen. Den ena studerandens svar som bedömts som missuppfattning hade förstått situationen ett steg mera fel då den förutspått att ljuset däröver bryts åt fel håll. Det märks att Goldbergs (1987) slutsats stämmer överens då majoriteten av studeranden hade fel. Dock kan man inte direkt säga att den virtuella laborationen är orsaken till missen utan bara att situationen är svår att förutspå. Man kan ändå bra använda denna virtuella laborationen för att lätt visa hur ljuskablar i praktiken fungerar.

Den sista tillämpande frågan handlade om att det först visades åt studerandena vad som händer med ljuset i en glaslin och sedan skulle studeranden förutspå om medierna vänds om. Denna situation är inte en som man lätt kan demonstrera i verkligheten och just därför bra att visa virtuellt. I den virtuella laborationen bryts ljuset omvänt jämfört med den ursprungliga situationen. Trots att det verkar som att det vore lätt att göra förutspåelsen så övertänkte en stor del av studerandena och förutspådde att samma sak skulle hända som tidigare fastän det var en omvänd situation. Den ena studeranden för vilket det skedde en missuppfattning så trodde att alla ljusstrålar som inte gick rakt genom skulle totalreflekteras vilket inte alls är överensstämmande med teorin då vinklarna inte ens var tillräckligt stora för det.

”B5: Strålen som ligger i mitten går rakt igenom. De som är på sidorna dom skulle reflekteras bortåt.

F: Vad menar du med att reflekteras bortåt?

B5: De skulle studsas tillbaka. Det var ju så att en del kommer tillbaka i den där simulationen.”

Även här stämmer resultaten med Goldbergs (1987) slutsatser. Inga slutsatser kan dras om att den virtuella laborationen är grunden till att felen och missuppfattningarna sker då det handlar om demonstration av linser.

Virtuella laborationen om ljusets brytning har enligt dessa resultat inte större upphov till andra missuppfattningar än traditionella laborationer. Detta på grund av att samma sorts missuppfattningar uppstår i båda. Den virtuella laborationens fel och missuppfattningar faller i samma kategori som då man studerar ljusets brytning genom brytningsscheman. Resultaten visar att studeranden oberoende av tidigare kunskap ofta svårt att förstå hur ljuset observeras och att förutspå situationer där ljusets brytning används. Det hittades inte några missuppfattningar hos deltagarna som skulle göra att denna virtuella laborations användning borde övervägas helt.

10.3. Tillämpningen av virtuella laborationens kunskap

I detta delkapitel behandlas resultaten av forskningens tredje forskningsfråga. Tredje forskningsfrågan handlar om hur deltagaren kan tillämpa virtuella laborationens kunskap för att planera en riktig laboration inom samma ämnesområde. Dessutom behandlas deltagarens kunskap om tillämpningar av ljusets brytning och om dessa demonstreras i den virtuella laborationen.

3. Hur tillämpar studeranden kunskapen ur virtuella laborationen till att planera en verklig laboration där man studerar ljusets brytning?

Resultaten uppkom ur intervjufrågor som handlade om hur deltagarna skulle planera en verklig laboration där man skall studera ljusets brytning som fenomen och hur verklig den virtuella laborationen är. Dessutom frågades det av deltagarna hurdana tillämpningar man kan använda ljusets brytning som fenomen till. Frågorna ställdes både före och efter att deltagarna hade gjort den virtuella laborationen för att kunna analysera hur kunskapen förändras. I tabellen nedan kan ses hurdan kunskapsnivån var före och efter och hurdan förändring det skedde under avläggandet av den virtuella laborationen. Laborationsplaneringens utförbarhetsnivå bedömdes på en trefaldig skala som bestod av låga, medelmåttiga och goda kunskaper.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Utförbarhetsnivå före	medel	låg	medel	god	god	god
Utförbarhetsnivå efter	medel	medel	medel	god	god	god
Förändring i utförbarhetsnivån	ingen	positiv	positiv	ingen	ingen	ingen

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Utförbarhetsnivå före	medel	medel	god	låg	god	medel
Utförbarhetsnivå efter	medel	medel	god	medel	god	god
Förändring i utförbarhetsnivån	positiv	positiv	positiv	positiv	ingen	positiv

Då man ser på hurudan kunskap studerandena hade före de utförde laborationen så hade de flesta en medelmåttig eller god kunskap (83%) om hur man kunde planera en verklig laboration om ljusets brytning. Få hade en låg kunskapsnivå och detta beror högst troligen på att alla deltagare var universitetsstuderanden om åtminstone delvis bekanta med ljusets brytning som fenomen. Dock kan man beakta en positiv förändring i utförbarhetsnivån på studerandes laborationsplaner då det skedde hos majoriteten av deltagarna (58%). Så den virtuella laborationen kunde ändå ge en bättre bild på hur man kan utföra en laboration om ljusets brytning i verkligheten. I detta skede är det viktigt att än en gång tillägga att den virtuella laborationen inte är den mest praktiska att utföra som kopia i verkligheten.

Utförbarhetsnivån mellan de båda grupperna skiljde sig inte märkvärt, men en liten skillnad fanns mellan kunskapsnivån före som var lite bättre hos gruppen av fysikstuderanden. Det skedde också oftare en positiv förändring hos de studeranden som inte studerade fysik. Detta är ändå logiskt då fysikstuderandens grundkunskap borde vara på en högre nivå i alla fall då de handlar om laborationsutförande. Men resultatet om att det sker en större positiv förändring i utförbarhetsnivån går indirekt emot tidigare forskning om att virtuella laborationer borde vara effektiva för elever med en högre grundkunskap. Denna forsknings deltagarantal är inte så stort att denna definitiva slutsats kan dras.

Den mest givna laborationsplanen var att ha en laserlampa som man siktar mot ett optiskt tätare ämne och studera hur ljuset bryts. Precis som i den virtuella laborationen. Högst troligt kommer denna planering ur att studerandena tidigare sett brytningsscheman där de tagit modell från (Kaewkwhong 2010), det fanns även ett sådant schema i texten som de läste inför laborationen. Denna metod att studera ljusets brytning i verkligheten är inte

den bästa då laserljus inte till exempel syns som en rak stråle i verkligheten. Några av deltagarna kom nog fram till detta stora problem men majoriteten av studeranden tänkte inte alls på denna problematik då de reflekterade över hur man kunde göra laborationen i verkligheten. Det måste ändå påpekas att de studeranden som hade en positiv utveckling på utförbarhetsnivån tog sina förändringar ur den virtuella laborationen, fastän de också ibland tog med några negativa delar, dock var totala utvecklingen positiv. Denna virtuella laboration kan öka kunskapen om hur man kan utföra en virtuell laboration, men har lite samma problem som Kaewkwhong (2010) nämnde att brytningsscheman tillför då man använder dem i fysikundervisningen.

I detta arbete studerades också om deltagarna kunde hitta på nya tillämpningar av ljusets brytning under att de gjorde den virtuella laborationen. Så i princip att kolla om den virtuella laborationen är så mångsidig att den kan användas för att uppvisa modeller av hur ljusets brytning kan tillämpas i teknologin. Det fanns speciella uppgifter som deltagarna gjorde som visade hur ljusets brytning används i teknologin, t.ex. i optiska kablar, speglar och i linser. I den virtuella laborationen kom det ändå inte fram vilka dessa tillämpningar är utan deltagarna måste själva göra det tankearbetet. Det frågades alltså studeranden om vilka praktiska och teknologiska tillämpningar som de kom på både före och efter den virtuella laborationen. Det fanns förstås studeranden som visste de flesta tillämpningarna som man kunde använda ljusets brytning till då de studerade fysik så i detta arbete analyseras närmare hur de resterande studerandena svarade.

Av alla deltagare så kom en måttlig del på nya tillämpningar under den virtuella laborationen (33%). De nya tillämpningarna som nämndes var just de tillämpningarna som framhövdes i den virtuella laborationen, alltså optiska kablar, speglar och linser. Dessa nya tillämpningar kom studerandena på utan någon som helst yttre influens. Detta betyder att den virtuella laborationen var mångsidigt upplagd och den går att användas för att visa tillämpningar som har med ljusets brytning att göra. Speciellt användbar i en riktig undervisningssituation då läraren kunde ta upp den teknologiska tillämpningen och sedan låta eleven fritt använda simulationen för att lätt kunna se hur tillämpningen praktiskt fungerar.

Sammanfattningsvis kunde slutsatsen dras att den virtuella laborationen kan öka studerandes förmåga att kunna planera en laboration om ljusets brytning. Men den virtuella laborationens överkliga delar påverkade också deltagarnas planeringsutveckling. Dock

skedde det en större positiv skillnad än negativ men den negativa utvecklingen bör ändå starkt beaktas. Då det handlade om tillämpandet av ljusets brytning så var den virtuella laborationen ganska mångsidig och det var lätt att hitta sammanband mellan simulationen och hur ljusets brytning tillämpas i teknologin. Det måste ändå poängteras att om denna virtuella laboration används i en undervisningssituation så lönar det sig att gå igenom hur laborationen skiljer sig från verkligheten så att det inte uppstår några oklarheter i denna front. Då till och med universitetsstuderanden kan ha svårt att hitta hur den virtuella laborationen skiljer sig från en motsvarande situation i verkligheten.

11.Diskussion

I detta kapitel behandlas problemen som uppstått i denna forskning och på vilka sätt forskningen kunde gjorts bättre och kunnat utvecklas. Dessutom motiveras en del av besluten som gjordes inför denna forskning.

Valet av att den virtuella laborationens område skulle vara ljusets brytning var för att det fenomenet är passligt svårt att göra som vanlig laboration, vilket gör att det finns en klar motivation att i verkliga undervisningssituationen använda sig av en sådan. Detta betyder förstås att resultaten bakom användningsvänligheten är starkt vänt mot att denna virtuella laboration inte ger en helt täckande bild av virtuella laborationers användbarhet. Syftet bakom denna forskning var heller inte att bevisa att det lönar sig att använda sig av virtuella laborationer inom alla fysikens delområden. Utan motivationen bakom forskningen fanns i att studera om virtuella laborationer är användbara i ett ämnesområde, som på förhand är känt som ett delområde där virtuella laborationer kan vara ett praktiskt alternativ. Syftet med denna forsknings är inte att dra slutsatser allmänt om virtuella laborationer utan specifikt studera ett delområde och om det är användbart att använda en virtuell laboration i det specifika delområdet. Vidare forskning skulle vara möjligt att utföra inom andra av fysikens delområden för en större sammanfattning av virtuella laborationer.

Forskningens deltagare var alla universitetsstuderande som studerade matematiskt- naturvetenskapliga ämnen, varav ena gruppen studerade fysik som huvudämne. Detta betyder att fastän de deltagare som inte studerade fysik som huvudämne högst troligen hade en relativt hög kunskapsnivå inom optisk fysik. Den höga kunskapsnivån i båda grupperna gjorde att forskningen endast studerade deltagare med en hög kunskapsnivå, vilka enligt tidigare studier har det lättare att lära sig ur virtuella laborationer. Så resultaten ur denna forskning kan vara lite förvrängda då deltagare med en låg kunskapsnivå inom optisk fysik inte beaktades, vilka kunde haft helt andra åsikter om den virtuella laborationen och helt andra missuppfattningar.

Då kunskapsnivån inom optisk fysik hos båda grupperna var höga var skillnaden inte heller så stor. Dessutom hade de deltagare som studerade fysik på universitetet inte ännu gått genom optisk fysik, närmare ljusets brytning, på universitetet ännu då detta

ämnnesområde kommer riktigt i slutet av första årets fysikstudier. Detta gav även upphov till att skillnaderna mellan grupperna var relativt liten. Fastän det skedde en del fel och missuppfattningar i grupperna så var en virtuell laboration om ljusets brytning möjligtvis lite för lätt för universitetsstuderanden och en virtuell laboration om ett mera fördjupat ämne hade varit mera passande för deltagarna.

12.Sammanfattning

I forskningen studerades en virtuell laboration om ljusets brytning. Forskningens mål var att studera studerandes åsikter om den virtuella laborationen, möjliga missuppfattningar som uppstår under den virtuella laborationen och hur studerandena kan tillämpa kunskapen ur den virtuella laborationen i verkligheten. I forskningen deltog två grupper, en med fysikstuderanden och en med studeranden i andra matematiskt- naturvetenskapliga ämnen.

Skillnaderna mellan grupperna var ointressanta då ämnesområdet för den virtuella laborationen var känt nästan lika väl inom båda grupperna. Endast mindre skillnader kunde hittas men några större slutsatser kunde inte dras mellan grupperna. Studerandenas åsikter om den virtuella laborationen var överlag positiva och studerandena tyckte att det var sakligt att utföra en laboration om ljusets brytning virtuellt.

Missuppfattningarna som uppstod hos studerandena hade mest att göra med problematiken av att den virtuella laborationen var uppbyggd i form av ett brytningsschema och missuppfattningarna som har att göra med dessa följde på så sätt med. Utöver det hittades inga klara missuppfattningar som skulle åstadkommit av den virtuella laborationens uppbyggnad.

Studerandes förmåga att använda sig av den virtuella laborationens kunskap för att konstruera en verklig laboration var bristfälliga, fastän det skedde en liten positiv skillnad i kunskapen under virtuella laborationen för majoriteten av studerandena.

Den virtuella laborationen om ljusets brytning är enligt mig en fungerande laboration att använda i undervisningen då man beaktar dess svagheter med att gå grundligt igenom med eleverna hur den virtuella laborationen skiljer sig från verkligheten. Denna forskning beaktar inte överlag hur användbara virtuella laborationer är, utan lärare bör använd sitt omdöme för att bestämma vilka laborationer som kan utföras som virtuella.

Källor

Aydin, S., Keles, U. and Hasiloglu, A. (2012). Establishment for misconceptions that science teacher candidates have about geometric optics. The online journal of new horizons in education, 2, pp.7-15.

Bryan, J. and Slough, S. (2009). Converging lens simulation design and image predictions. Physics Education, 44(3), pp.264-275.

Chang, K., Chen, Y., Lin, H. and Sung, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. Computers & Education, 51(4), pp.1486-1498.

Docktor, J. and Mestre, J. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 10(2).

Finkelstein, N., Adams, W., Keller, C., Kohl, P., Perkins, K., Podolefsky, N., Reid, S. and LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 1(1).

Gilbert, J., Watts, D. and Osborne, R. (1982). Students' conceptions of ideas in mechanics. Physics Education, 17(2), pp.62-66.

Goldberg, F. and McDermott, L. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. American Journal of Physics, 55(2), pp.108-119.

Jaakkola, T. (2012). Thinking Outside the Box: Enhancing Science Teaching by Combining (Instead of Contrasting) Laboratory and Simulation Activities. <https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/77068/AnnalesB352Jaakkola.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (1.8.2018)

Kaewkhong, K., Mazzolini, A., Emarat, N. and Arayathanitkul, K. (2009). Thai high-school students' misconceptions about and models of light refraction through a planar surface. *Physics Education*, 45(1), pp.97-107.

Karlsson, G. (2012). Instructional technologies in science education: Student' s scientific reasoning in collaborative classroom activities. *Studies in Applied Information Technology*, 11.

Karlsson, G., Ivarsson, J. and Lindström, B. (2013). Agreed discoveries: students' negotiations in a virtual laboratory experiment. *Intructional Science*, 41(3), pp.455-480.

Kroothkaew, S. and Srisawasdi, N. (2013). Teaching How Light can be Refracted Using Simulation-based Inquiry with a Dual-situated Learning Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, pp.2023-2027.

O'Sullivan, C. and Kocijancic, S. (2004). Real or Virtual Laboratories in Science Teaching – is this Actually a Dilemma? *Informatics in Education*, 3(2).

Utbildningsstyrelsen. (2014). Grunderna för läroplanen för den grundläggande utbildningen https://www.oph.fi/lagar_och_anvisningar/laroplans-och_examensgrunder/grundlaggande_utbildningen (1.8.2018)

Utbildningsstyrelsen. (2015). Grunderna för gymnasiets läroplan.
https://www.oph.fi/lagar_och_anvisningar/laroplans-och_examensgrunder/gymnasiet
(1.8.2018)

Bilagor

- I. Teoritexten som studeranden läste på förhand
- II. De skriftliga uppgifterna som studerande svarade på
- III. Förutspåelse- och tillämpningsuppgifterna (muntliga frågorna)
- IV. Blanketten av studerandes deltagningsgodkännande
- V. Transkriberat utdrag ur en av intervjun före den virtuella laborationen
- VI. Transkriberat utdrag ur en av intervjun efter den virtuella laborationen

Ljuset brytning mellan två medium

Det synliga ljuset kan ses som en vågrörelse, som en del av den elektromagnetiska strålningen. Ljusets hastighet beror på mediet som det rör sig genom, t.ex. ljusets hastighet i vatten är långsammare än i luft. Egenskapen som beaktar ljusets hastighet kallas för materialets optiska täthet. Vatten är alltså optiskt tätare än luft. Denna egenskap ger också upphov till att ljusets bana inte är en rak linje då det rör sig mellan olika medier. Ljuset tar en bana så att det rör sig mellan två punkter på snabbaste möjliga sätt. Detta fenomen ger upphov till att ljuset bryts då det rör sig mellan två olika medier.

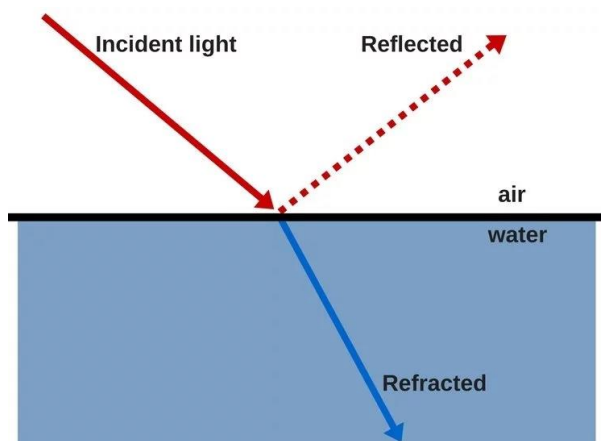


Bild 1: Ljuset brytning i vatten [1]



Bild 2: Hur ljuset brytning syns i verkligheten [2]

Då ljuset bryts mellan luft och vatten är ljusets bana längre i det optiskt tunnare mediet (luften) och kortare i det optiskt tätare mediet (vatten) jämfört med att banan skulle vara en rak linje, vilket är distansmässigt kortaste vägen. En del av ljuset reflekteras alltid då ljuset går från ett medium till ett annat. Då infallsvinkeln är tillräckligt stor reflekteras allt ljus och inget ljus går från det ena mediet till det andra detta kallas totalreflektion, detta beror också på mediernas optiska täthet.

Med hjälp av brytningslagen kan man räkna ut brytningsindexet mellan två medier. Brytningsindexet är specifikt för olika medier och är en storhet för optiska tätheten. Brytningslagen:

$$\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$

Där α är vinkel och n är brytningsindexet för mediet.

Exempel: Ljuset går från luft ($n_{luft} = 1,00$) till glas. Infallsvinkeln är $30,0^\circ$ och brytningsvinkeln är $19,2^\circ$, vad är brytningsindexet för glas?

$$n_{glas} = \frac{\sin(\alpha_{luft})}{\sin(\alpha_{glas})} n_{luft} = \frac{\sin(30,0^\circ)}{\sin(19,2^\circ)} \times 1,00 \approx 1,52$$

Glasets brytningsindex är alltså ca. 1,5.

Källor: Lehto, Luoma, Jungner: Fysik 2 – vågrörelser ISBN 951-50-0762-3

Bilder: [1] <https://www.scienceabc.com>

[2] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

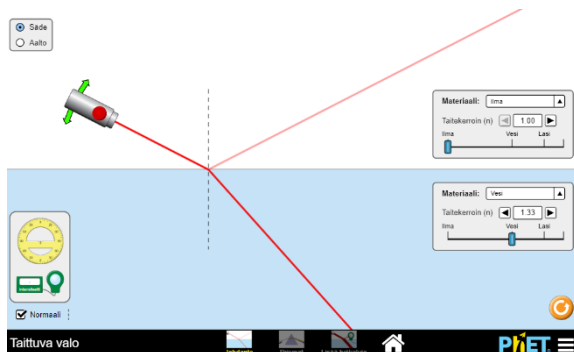
Bilaga II

Uppgift:

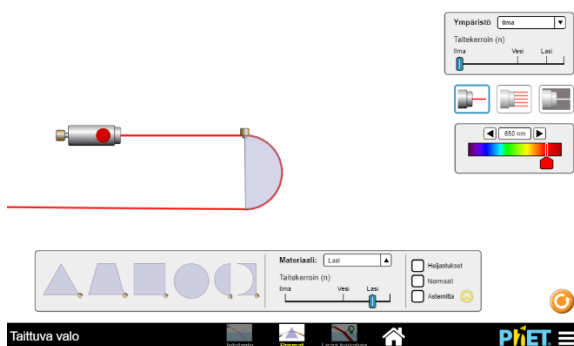
Del.1

1. Beskriv hur ljuset förflyttar sig då det går från luft till vatten, vad händer när du ökar och minskar på ljusets infallsvinkel?
2. Ändra det andra mediet från vatten till glas, vilka skillnader och likheter finner du?
3. Beräkna brytningsindexet för de vatten och glas då vi vet att brytningsindexet för luft är 1,00.
4. Byt nu positionen mellan luften och vattnet/glas. Hur skiljer sig denna brytning av ljuset från tidigare situation, vad händer nu när du ändrar på infallsvinkeln? (Har lampan i vatten och glas)
5. Vad kan vi säga om optiska tätheten av materialet A och B (mystery A och B) och vad är deras brytningsindex?

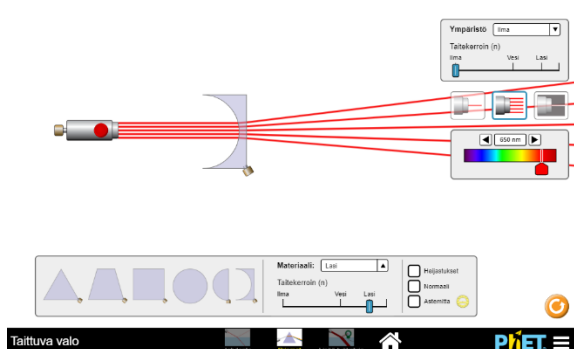
Bilaga III



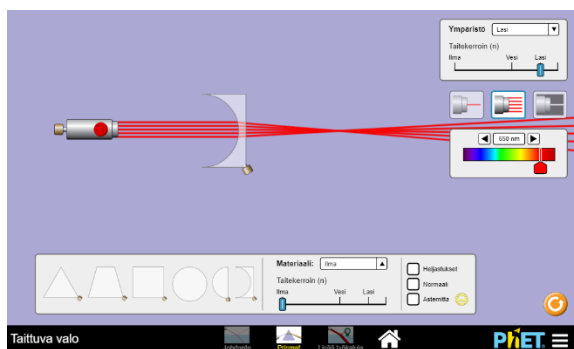
Förutspåelseuppgift 1: Studerande frågades var ett objekt som låg på den röda linjen i vatten om man observerade situationen



Förutspåelseuppgift 2: Studerandena skulle förutspå vad som händer då laserljus skjuts in i övre delen av en glashalvcirkel. Samma fenomen som händer i ljuskablar.



Förutspåelseuppift 3: Grundsituationen som visades åt studeranden. Fenomenet som sker i linser.



Förutspåelseuppift 3: Situationen som studeranden skulle förutspå. Fenomenet som sker i linser.

Bilaga IV

Godkännande av att delta i forskning

Denna forskning görs av Filip Granberg som en del av Pro Gradu avhandlingen.

Forskningen handlar om studera upplevelser samt uppfattningar av användningen av virtuella laborationer. Denna forskning går ut på att genomföra en virtuell laboration. Före och efter laborationen hålls en intervju som spelas in. Dessutom insamlas svaren till uppgifterna i laborationen för vidare analys.

Allt insamlat forskningsmaterial behandlas anonymt och konfidentiellt, vilket betyder att inga uppgifter om personer kommer att nämnas. När avhandlingen är inlämnad och godkänd kommer alla inspelningar att raderas.

Om ni godkänner att medverka i denna forskningen skriv nedan ert namn och underskrift nedan.

Namn och underskrift

Bilaga V

F: Vad kan du berätta om ljusets brytning mellan två medier?

A3: Ljuset bryts på det sättet att då det kommer in så kan det... Så far det oftast rakt igenom och så bryts det på basen av vilket ämne det far in till och vilket ämne det kommer ut. Det brukar vara så att man säger att det tätare ämnen där ljusen bryts olika sen om det är allt för stor vinkel så bryts ljuset inte alls utan det sker totalreflektion, då det reflekteras tillbaka totalt.

F: Vad beror ljusets brytning på?

A3: Nå ljusets brytning beror på det att två olika ämnen så när det far igenom så när det når gränsen mellan de två ämnena så åker det inte likadant. Det är ungefär likadant då en mänska sådär... Det är sådär när den skall komma från punkt A som är i vattnet och far från stranden till vattnet. Det är ju snabbare att springa på stranden en längre väg och sen simma 90 grader rakt till den där punkten. Det är ungefär på samma sätt som ljuset bryts om det till exempel är tunnare i det ena ämnet far det mycket längre där än i det tätare ämnet.

F: Vilka tillämpningar kan man använda fenomenet av ljusets brytning till?

A3: Nå, nu va de svårt. Nu finns det säkert. Nu kommer jag inte på sådär på rak arm.

F: Hur skulle du konstruera en laboration där man studerar ljusets brytning?

A3: Nå jag skulle först ha en konstant ljuskälla, till exempel fast en laser som är enkel att se sådär... För det är ju svårt att se om du har en glödlampa att se hur det bryts. Så skulle man ha olika ämnen som man inte vet vilken som är tätare och tunnare och man skulle fara från luft eller om det är riktigt bra utrustning från vakum till dom. Och sen se vad som händer men någonting som man... Det där ämnet som man startar från borde vara konstant så man kan jämföra den med.

Bilaga VI

F: Har din uppfattning om ljuset brytning ändras under laborationen?

B3: Jag skulle inte säga att den har ändrats, den har uppfriskats lite. Det var helt najs man fick en bra uppfattning om situationen. Men det var inte helt nytt.

F: Så det motsvarar teorin som du gått igenom.

B3: Ja, det tycker jag nog ganska klart skulle jag säga.

F: Hur skulle du beskriva ljuset som var i laborationen, hurdan lampa skulle du säga att det är?

B3: En laser skulle jag säga, jag vet inte hur jag annars skulle beskriva det.

F: Hurdant ljus kommer det ur en laser?

B3: Ganska koncentrerat, sprider inte på sig så mycket.

F: Skulle det gått likadant med vilken sorts lampa som helst?

B3: Samma fenomen skulle ha skett för ljuset men det är svårare att observera det fenomenet då det sprider sig mera skulle jag gissa.

F: Vad är en bra och en dålig sak att göra labbet på datorn?

B3: En dålig sak till en början det var svårt att mäta exakta värden på vinklarna. Jag har inte så mycket dåligt att säga. Bra är att det är lätt att använda annars man kan flytta på strålen och direkt se var som händer.

F: Tycker du det är sakligt att utföra just den här laborationen på datorn?

B3: Det är lättare att göra den på datorn då man har ett färdigt program. Vad manne skulle vara fördelen med att göra den i verkligheten... Man vet ju inte att det som händer på datorskärmen stämmer men jag litar nog så mycket på den.

F: Under laborationen kom du på flera tillämpningar man kan använda ljuset brytning till?

B3: Jag minns ju förstås det här med optiska fibrer, jag minns inte exakt teknologin men man har glas eller något som är tätare mot mitten så hålls ljuset där då det sker totalreflektion. Så från halvcirkeluppgiften kom jag på det.

F: Hur tycker du att laborationen skiljer sig från verkligheten?

B3: I en verklig laboration är där förstås... Den här var ju bara i 2D vilket ju är en sak. I verkliga laborationer finns det människofaktorn, därifrån kommer det småfel.

F: Om du skulle utföra en verklig laboration skulle du göra så som du gjorde tidigare?

B3: Om vi vill kolla brytningsindexet så skulle jag göra det motsvarande. Med en laser och mäta vinklar. Om man bara vill se fenomenet så skulle jag ännu ha ett objektet i vatten.

F: Skulle man kunna göra en exakt kopia av laborationen i verkligheten?

B3: Det är ju lite svårt att få en lampa eller en laser in i glaset. Annars kan man nog göra samma.

F: Finns det några andra problem som man måste beakta?

B3: Att mäta vinkeln utan att störa ljusets bana. Och att inget annat ljus i omgivningen stör laborationen.